

# RAPPORT

*adressé à M. le Ministre de l'Intérieur*

SUR LES

## CAUSES DE MORT DANS LES EXPLOSIONS DE MINES

ET

## LES INCENDIES SOUTERRAINS

CONCERNANT SPÉCIALEMENT LES EXPLOSIONS DE

**TYLORSTOWN, BRANCEPETH & MICKLEFIELD**

PAR

**M. le Dr JOHN HALDANE,**

Professeur de Physiologie à l'Université d'Oxford

TRADUIT ET COMMENTÉ

PAR

**J. DANIEL,**

Ingénieur des Arts et Manufactures

Docteur spécial en exploitation des Mines

Ancien Directeur de la C<sup>ie</sup> des Explosifs sécurité.

[62281]

---

Monsieur le Ministre,

J'ai l'honneur de vous adresser le rapport ci-dessous, concernant les circonstances qui ont causé la mort des victimes de l'explosion survenue le 27 janvier dernier au charbonnage de Tylorstown.

Arrivé le lendemain de la catastrophe, j'y rencontrai, de la part de M. l'Inspecteur Robson, le concours le plus dévoué et le plus efficace. Je tiens à signaler également l'obligeance de M. le Dr Morris, attaché au charbonnage, dont la collaboration m'a été des plus utiles.

L'explosion survint vers 5 heures et demie du matin et, sans nul doute, fut propagée dans toute l'étendue des travaux par la poussière

de houille. Sur les 90 hommes qui se trouvaient dans la mine, 57 furent tués. En compagnie du Dr Morris, qui avait déjà examiné 12 des victimes, j'ai examiné les 45 autres. Dans l'appendice A ci-après, on trouvera les notes relatives à cet examen ; nous avons examiné également le corps d'une trentaine de chevaux, dont la plupart furent trouvés morts dans les écuries et les autres dans les galeries de roulage. Étant donné le peu de temps dont nous pûmes disposer avant les funérailles, il ne fut pas possible de procéder à l'examen complet des victimes ; nous dûmes nous borner à examiner le sang de quelques-unes. Les cadavres de 15 chevaux furent autopsiés.

#### *Examen des cadavres.*

Les victimes peuvent être divisées en deux classes : celles dont la mort fut causée par l'absorption des gaz délétères engendrés par l'explosion <sup>(1)</sup> et celles qui périrent instantanément par suite des chocs dus à la violence. La première catégorie comprend 52 victimes, soit 91 % du total.

#### I. — HOMMES TUÉS PAR L'*after-damp*.

Les caractères extérieurs des ouvriers qui périrent par l'*after-damp* différaient dans une très large mesure : 35 % des victimes ne présentaient aucune trace de brûlures ni de violences mécaniques. Plusieurs autres avaient la face, les mains et toutes les parties exposées recouvertes d'une couche adhérente de poussière de houille, d'où résultait parfois un aspect analogue à celui de brûlures graves. Toutefois, de telles lésions n'existaient chez aucune des victimes. En détergeant la peau de cette couche de poussière, nous ne trouvâmes autre chose que l'épiderme soulevé et parfois, le derme congestionné. La coloration noire de l'épiderme était due évidemment à la couche de poussière qui s'était déposée au moment de

---

(1) En raison de la difficulté de pouvoir désigner ces gaz autrement que par une périphrase, nous leur avons conservé, au cours de la présente traduction, leur dénomination anglaise d'*after-damp*.

(Note du traducteur.)



l'explosion et adhérait fortement. Cette couche enlevée, les parties du corps où étaient apparentes les traces de brûlures présentaient un aspect analogue aux bulles qu'eût produites sur l'épiderme la projection de quelque liquide chaud. Souvent, la couche de poussière n'existait que sur un des côtés de la face et du corps, probablement celui qui avait été exposé au choc de l'explosion.

A l'examen microscopique, la poussière adhérente à l'un des cadavres (n° 43) fut trouvée constituée d'éléments de forme angulaire et d'éléments arrondis ; les premiers prédominaient. Chez plusieurs des victimes, l'épiderme du dos de la main avait été complètement soulevé, de telle façon que l'on pouvait le détacher comme après l'application d'un vésicatoire. Ces débris enlevés, la peau était blanche et nullement congestionnée, tant sur la face dorsale des doigts que sur celle de la main. Aux environs de la face palmaire, où la quantité de sang est normalement plus abondante, apparaissait une coloration rouge. Les signes de brûlure les plus constants se présentaient aux cheveux et à la barbe des victimes. Il n'y avait pas de sérosité sous l'épiderme soulevé, d'où il s'ensuit que celui-ci n'avait pas été séparé de la même manière qu'à la suite d'une brûlure. Dans certains cas, les brûlures superficielles semblaient suffisantes pour avoir causé la mort indépendamment de l'*after-damp*, mais c'est là un point difficile à établir.

Les muqueuses de la bouche et du nez étaient fréquemment recouvertes de poussière de houille, ce qui aurait pu faire attribuer la mort à la suffocation résultant de l'obstruction mécanique des voies respiratoires par la poussière. Dans aucun cas, toutefois, le fait ne s'est produit car s'il en avait été ainsi, le sang n'aurait pas eu le temps de se saturer d'oxyde de carbone ; or, cette saturation a été invariablement vérifiée lorsque la poussière de houille fut trouvée dans la bouche. Au surplus, l'examen des voies respiratoires des chevaux tués montra qu'une quantité insignifiante de poussière avait pénétré dans la trachée et les bronches et qu'il n'y avait eu aucune espèce d'obstruction. Aucun signe de brûlure ne fut constaté à l'intérieur de la bouche.

Parmi les victimes qui succombèrent sous l'action de l'*after-damp*, quelques-unes seulement subirent des lésions traumatiques telles que luxations, fractures et broiements de membres, fracture de la mâchoire ou du crâne. Celle-ci était apparente chez un ou deux hommes et probable chez d'autres, eu égard au sang qui s'échappait des oreilles. Dans l'appendice A se trouve le détail de ces blessures.



Deux des victimes y eussent certainement succombé, même si elles avaient survécu à l'action des gaz toxiques.

Nous en arrivons maintenant aux faits caractéristiques qui permettent d'établir d'une manière positive la cause réelle de la mort. Dans presque tous les cas de décès causés par l'*after-damp*, les endroits où pouvait être observée la couleur du sang à travers la peau ou les muqueuses étaient de teinte rouge ou rose et non gris plombé ou pâle, ainsi qu'il en est lorsque la mort est due à toute autre cause. Cette coloration de la face, des mains, etc. donnait souvent aux cadavres une apparence extraordinaire de vie. La teinte des parties congestionnées variait du rose au rouge cuivré. Cette diversité provenait probablement de celle qui caractérise la pigmentation naturelle de la peau, et non de la couleur du sang. Dans certains cas, la figure était pâle, ce qui rendait peu apparente la coloration rouge. Les lèvres avaient généralement une teinte rose ou bien carmin nettement marquée; fréquemment, il fut nécessaire d'enlever la poussière de houille pour pouvoir en distinguer la coloration. Sur le cou, la poitrine et les épaules, la poussière se montrait en masses irrégulières au sein desquelles on distinguait une ou deux veines rouges. Les ongles étaient roses. C'est lorsqu'on pouvait détacher à la main l'épiderme que la coloration se constatait le plus facilement: la couche profonde de la peau des parties dorsales de la main et des doigts était généralement pâle, mais sur la surface palmaire apparaissait d'une manière frappante la coloration rouge carmin du sang; un simple coup d'œil suffisait pour apprécier la cause de la mort.

C'est exclusivement à la présence de l'oxyde de carbone que pouvait être due, à notre avis, cette coloration rouge carmin. Pour vérifier la chose, nous examinâmes sur place le sang des deux premières victimes rencontrées. L'une d'elles portait des brûlures légères et était fort noircie par la poussière; l'autre, qui avait été trouvée à côté d'une lampe allumée, ne portait aucune trace de brûlure. Le sang, obtenu en ouvrant la jugulaire externe, était d'un rouge carmin foncé. Une goutte en fut diluée avec de l'eau jusqu'à ce que les deux bandes d'absorption devinssent nettement visibles au spectroscope. Puis, après réduction par le sulfhydrate d'ammonium et échauffement, les bandes demeurèrent presque aussi visibles, ce qui indiquait, non seulement la présence de l'oxyde de carbone, mais la presque saturation de l'hémoglobine. Le lendemain matin, employant la méthode colorimétrique décrite ci-après (voir



l'appendice A), nous déterminâmes, à la lumière du jour, la quantité d'oxyde de carbone combinée à l'hémoglobine. Dans les deux cas, le degré de saturation était de 79 %. Ce résultat présente un intérêt tout spécial, car il montre quel est le degré de saturation du sang au moment de la mort par absorption de l'oxyde de carbone.

On pourrait supposer que dans certains cas, la coloration rouge des surfaces exposées fut causée par l'absorption *post mortem* de l'oxyde de carbone à travers la peau ou les membranes muqueuses, et que la mort fut provoquée par d'autres causes, telles que brûlures ou chocs. Nous répondrons à cela que le sang de la jugulaire, d'où provenaient les échantillons, ne peut être modifié en rien par l'absorption *post mortem* de l'oxyde de carbone et que, d'autre part, la coloration était tout aussi marquée dans les parties moins exposées, telles que la face interne des lèvres ou le derme de la paume de la main, que dans les parties placées en évidence, telles que la peau de la face. Chez l'une des victimes, qui avait été blessée à la figure au cours de l'explosion, se trouvait sous la muqueuse de la lèvre une petite bulle remplie de sang. Ce sang, qui s'était évidemment extravasé au moment où la blessure venait de survenir, était d'un bleu foncé; tandis que le restant de la lèvre, où le sang avait circulé librement jusqu'à la mort, était d'un rouge carmin. Si la diffusion de l'oxyde de carbone à travers la peau ou les muqueuses avait pu rendre rouge le sang placé au-dessous, celui qui s'était extravasé sous la lèvre eût été de cette couleur, de même que le restant. Ce point a également été mis en évidence par l'aspect des hommes qui périrent par traumatisme : leur sang, pour autant qu'il put être examiné, était de couleur bleue <sup>(1)</sup>. Or, leurs brûlures montraient qu'ils avaient séjourné au cœur même de l'atmosphère toxique. Donc en ces endroits, il n'avait pu y avoir d'absorption *post mortem* de l'oxyde de carbone.

Dans deux des cas de suffocation (nos 19 et 21), les apparences différaient quelque peu de celles que nous venons de signaler : la couleur de la face et des mains était bleu-rougeâtre et non rouge clair ou rose. La face était fortement congestionnée. Les veines étaient distendues et apparentes sur la face, le cou et la partie supérieure de la poitrine, où se montrait un réseau de veines bleues. Il semble probable que la mort ait été causée par la suffocation aiguë résultant de l'absence complète ou presque complète d'oxygène combinée avec l'action de

---

(1) Voir l'appendice A : nos 2, 20, 55.



l'oxyde de carbone, ou bien de la présence d'une quantité telle de ce gaz que la victime avait succombé avant que le sang veineux pût en être suffisamment chargé.

Dans deux des cas, le sang n'avait pas la coloration rouge. Un échantillon pris au cadavre n° 42 ne put déceler, à l'examen spectroscopique, aucune trace des bandes de l'oxyde de carbone et il en fut de même à l'analyse. Comme ces victimes ne portaient aucune trace de brûlures ni de violences suffisantes pour avoir causé immédiatement la mort, il est probable que ces hommes moururent sans avoir repris connaissance au sein d'une atmosphère pure, quelques heures après l'explosion. Ils succombèrent par suite de l'oxyde de carbone absorbé et il se sera probablement écoulé avant la mort un délai suffisant pour que le gaz s'éliminât spontanément. Le corps d'un de ces hommes fut retrouvé, environ 10 heures après l'explosion, gisant à côté d'un de ses camarades encore en vie et que le traitement du Dr Morris parvint à ranimer. Le temps nécessaire pour que se produise l'élimination complète de l'oxyde de carbone au contact de l'air pur semble être d'environ six heures, lorsque le degré de saturation du sang est 75 %. Cette constatation est basée sur des expériences que nous avons publiées récemment <sup>(1)</sup> et dont nous fûmes le propre sujet.

La plupart des cadavres se trouvaient dans un état de décomposition très avancée moins de 48 heures après la mort, ce qui semble dû au séjour dans l'atmosphère de la mine.

## II. — HOMMES DONT LA MORT FUT CAUSÉE PAR LA VIOLENCE.

Dans les cinq cas de mort instantanée, les blessures témoignaient une grande violence : chez une des victimes (n° 56), la tête, les bras et les jambes avaient été séparés du corps. Chez une autre (n° 36), il en était presque de même. Le n° 6 avait le crâne et le cerveau fracassés et projetés au loin ; n° 43 : fracture des deux bras, luxation d'une des hanches et fracture du crâne ; n° 35 : luxation de la colonne vertébrale et d'une épaule, fracture du crâne et d'un bras.

---

<sup>(1)</sup> *Journal of Physiology*, vol. XVIII, p. 447.



*Examen des chevaux.*

Nous examinâmes d'abord un certain nombre de chevaux retrouvés dans les écuries, près du puits n° 7, et qui n'avaient pu être enlevés immédiatement par suite des éboulements qui obstruaient le passage. La robe et la queue de ceux qui étaient le plus près de l'entrée avaient été simplement roussis par l'explosion. Aux parties découvertes, la couleur rouge carmin du sang put parfois être distinguée très nettement. La décomposition était déjà très avancée, 53 heures s'étant écoulées depuis l'explosion et l'atmosphère chaude de la mine étant très apte à la favoriser. Ce fut avec une certaine difficulté que nous pûmes obtenir du sang des veines du cou car, au début, du gaz seul se dégagait des incisions. Des échantillons provenant d'un mulet et d'un cheval furent analysés. Chez le premier, l'hémoglobine était saturée d'oxyde de carbone à 59 %. Chez le second, qui gisait plus loin de l'entrée et ne portait aucune trace de brûlure, le degré de saturation n'était que de 20,5 %. A l'essai spectroscopique, on ne put découvrir aucune trace d'oxyde de carbone. Ce cheval était probablement mort au sein d'une atmosphère pure, lorsque son sang avait déjà perdu la plus grande partie de l'oxyde de carbone absorbé. Il en était vraisemblablement de même pour le mulet. L'écurie, placée près du puits d'entrée, aura été pourvue d'air plus ou moins pur très peu de temps après l'explosion. Plusieurs chevaux, que les sauveteurs virent encore vivants dans la mine, moururent peu de temps après.

Le cheval examiné ensuite avait probablement été tué par l'*after-damp*; il vécut encore 15 heures après l'explosion. A l'autopsie, 36 heures après la mort, les muscles et les autres parties du corps n'étaient pas roses, mais présentaient la teinte bleuâtre habituelle. Les voies respiratoires, non congestionnées, ne contenaient pas de poussière de houille; la partie interne de la trachée était recouverte d'une fine couche visqueuse de couleur verdâtre, constituée probablement de mucus souillé de poussière ou de goudron. Un échantillon de sang du cœur droit avait la couleur foncée habituelle et fut trouvé, à l'analyse, exempt d'oxyde de carbone. Comme les brûlures semblaient insuffisantes pour avoir causé la mort, il est logique de l'attribuer à l'action de l'oxyde de carbone : un homme qui avait séjourné dans la même écurie, souffrit énormément par suite des troubles dus à son séjour au sein des gaz toxiques. C'est pendant les 15 heures précédant la mort que le sang du cheval a pro-



blement perdu tout l'oxyde de carbone qu'il renfermait. Cette observation est importante, car elle montre que même pour un animal de la taille du cheval, dont le degré d'intensité de la circulation et des échanges respiratoires est bien moindre que chez l'homme, 15 heures peuvent suffire pour que le sang revienne à son état normal après intoxication partielle par l'oxyde de carbone.

Quatorze autres chevaux, retrouvés dans le voisinage du puits n° 8, furent autopsiés trois jours après l'explosion. La plupart avaient la robe plus ou moins roussie. Une seule fracture fut constatée. Plusieurs avaient perdu leurs fers. La couleur des muscles, de la peau et des tissus sous-cutanés était d'un rouge carmin clair, de manière qu'il suffisait de jeter un coup d'œil pour apprécier la cause de la mort. Pour autant que nous en pûmes juger, la nuance des portions congestionnées des muscles était à peu près la même dans tous les cadavres. L'aspect de l'estomac et des intestins variait notablement avec leur degré de congestion. Dans certain cas, la couleur rouge ou rose apparaissait clairement; dans d'autres, les intestins étaient pâles. La surface péritonéale se présentait fréquemment sous un aspect rugueux, ce qui nous fit supposer tout d'abord qu'il y avait eu un commencement de péritonite. Mais les vaisseaux sanguins n'étaient pas injectés, et un examen plus approfondi démontra que l'aspect dépoli de la séreuse était dû à d'innombrables bulles de gaz emprisonnées sous le péritoine. Le même aspect se représentait fréquemment sur la muqueuse de la trachée; le gaz s'était formé après la mort. Nous signalons ce fait parce que, bien probablement, il se produit souvent en même temps que la décomposition, et nous ne l'avons pas vu indiqué jusqu'à ce jour. A notre avis, le soulèvement de la couche superficielle de l'épiderme, que l'on constate chez des ouvriers morts ayant séjourné longtemps dans les travaux est dû parfois à du gaz produit d'une manière analogue.

Le foie n'était pas congestionné et présentait à la coupe une teinte rose accentuée; les reins avaient même nuance. La rate n'était dans aucun cas distendue d'une manière anormale; elle était rouge parfois, mais généralement si sombre que l'on pouvait conclure à la disparition de l'oxyde de carbone. Nous examinâmes deux échantillons du liquide sanguinolent et de couleur foncée qui venait sourdre lorsqu'on incisait la rate. Il contenait un peu moins d'oxyde de carbone que le sang provenant du cœur. La teinte foncée semble être due d'abord à la pigmentation et ensuite, à la quantité notable de sang que renferme cet organe. Dans certains cas, lorsqu'il y en avait moins,



la teinte rose était fort distincte. La couleur même du sang examiné pur et en masse était pourpre foncé, de même nuance à peu près que les baies de morelle noire mûre. A l'examen microscopique, pratiqué deux ou trois jours après, nous trouvâmes une quantité très élevée de carboxyhémoglobine et les éléments figurés dissous.

La couleur du poumon variait du rose au rouge carmin, marbré de noir par suite de l'inhalation incessante de poussière de houille. Dans aucun cas, on ne put constater de congestion extrême ou œdème. Les bronches ne contenaient pas de poussière et leur muqueuse apparaissait d'une façon parfaitement normale. La trachée contenait parfois un peu de poussière de charbon, mais en quantité insignifiante. En général, la muqueuse était rose clair et semblait un peu congestionnée, vraisemblablement par suite de l'absorption des gaz irritants. Nous ne pûmes constater aucun signe de sécrétion anormale ou de gonflement de la muqueuse. Le pourtour de la bouche était généralement noirci par la poussière de houille, mais parfois tout à fait normal. Les cavités du cœur contenaient un peu de sang partiellement caillé et il fut impossible d'en extraire plus de 50 à 100 c. c., même du côté droit qui en renfermait davantage.

Après notre départ, nombre de chevaux furent encore retrouvés morts dans les écuries ainsi que dans les galeries, et examinés par M. le vétérinaire David Rees. Il constata d'une manière constante la couleur rouge carmin du sang. On peut en conclure à l'empoisonnement par l'oxyde de carbone. Dans aucun cas d'ailleurs, ne furent constatés les caractères de l'arrêt dans la circulation du sang, lequel correspond à la suffocation aiguë par privation d'oxygène.

#### *Troubles produits par l'after-damp chez les sauveteurs.*

Immédiatement après l'explosion, M. le Directeur-Gérant Hannah descendit par le puits n° 7, accompagné d'un ouvrier, et parcourut la mine avec un courage remarquable. Il nous rapporta qu'au bout de peu de temps, il se sentit faiblir : la marche devenait lourde ; il était obligé fréquemment de s'arrêter pour se reposer et avait une très grande difficulté à gravir les plans inclinés. Sa lampe ne s'éteignit pas.

Des symptômes plus graves furent ressentis par les sauveteurs qui pénétrèrent dans les travaux par le puits Ferndale : M. Thomas, Directeur des sièges nos 1 et 5, qui dirigeait l'escouade, perdit connaissance, ainsi qu'un des hommes ; et ils ne purent être ranimés qu'avec difficulté. Tout d'abord, ils avaient pénétré presque jusqu'à



un endroit où furent retrouvés ensuite plusieurs ouvriers morts à côté de leurs lampes allumées. Se sentant indisposés, ils revinrent sur leurs pas et firent, peu de temps après, une seconde tentative. Au bout d'un instant, nouveau malaise suivi d'une seconde marche rétrograde. C'est à ce moment que deux des sauveteurs tombèrent inanimés ! Heureusement, ils avaient pris la précaution de laisser quelques hommes en arrière, à l'abri des gaz délétères et c'est ainsi qu'ils purent, non sans peine, être tirés de leur périlleuse situation.

M. Thomas nous rapporta que sa lampe ne cessa de brûler parfaitement, même au plus fort de l'atmosphère méphitique ; au moment même où il défaillait, il lui semblait entrer dans une atmosphère tout à fait pure. L'impression première, au contact des gaz délétères, avait consisté en une vive irritation aux yeux et le premier symptôme bien marqué fut l'impossibilité de se mouvoir. En somme, les signes précurseurs de l'évanouissement furent peu prononcés. En revenant à eux, les sauveteurs ressentirent des maux de tête violents, nausée et vomissements accompagnés de frissons.

Un autre des sauveteurs, moins sérieusement indisposé, nous rapporta qu'en pénétrant au sein de l'atmosphère nocive, il ressentit également une irritation aux yeux, accompagnée d'une impression de sécheresse dans la gorge. Ensuite, il sentit les jambes se dérober graduellement ; à ce moment, sa lampe devenait plus sombre.

Le seul gaz qui pût, dans de telles circonstances, causer les troubles que nous venons de décrire, est l'oxyde de carbone. Les mêmes symptômes peuvent être provoqués par un grand manque d'oxygène ; mais il n'en était pas ainsi, attendu que la parfaite combustion des lampes suppose une teneur de 18 % d'oxygène au minimum. Tout différents sont les désordres dus à l'acide carbonique, l'acide sulfureux, l'hydrogène sulfuré ou tout autre gaz dont la présence eût été possible. Les seuls symptômes étrangers à l'oxyde de carbone concernent l'irritation aux yeux et aux voies respiratoires. Ils furent probablement causés par la présence de traces d'acide sulfureux.

*Composition de l'atmosphère engendrée par une explosion.*

La nature des gaz constituant l'*after-damp* n'a pu être déterminée avec précision jusqu'à ce jour. Nous espérions en recueillir un échantillon à Tylerstown, mais lorsque nous pûmes atteindre les travaux, nous nous rendîmes compte de l'impossibilité d'obtenir un résultat quelque peu précis. Peut-être les données suivantes présenteront-elles quelque utilité à cet égard :



Il est évident que la composition de l'*after-damp* non dilué <sup>(1)</sup> variera d'abord, selon que l'explosion sera due aux poussières ou au grisou seul et ensuite, selon que la proportion d'oxygène présente sur le trajet de l'explosion sera suffisante ou non pour consommer la totalité du combustible (gaz ou poussière) qui se trouve dans l'air.

Le cas le plus simple est celui d'une *explosion de grisou* en présence d'un excès d'air pur. Le grisou ne diffère pas sensiblement du méthane ou gaz des marais.

Lorsque ce gaz fait explosion en présence d'un excès d'air, la réaction se présente comme suit :



L'azote de l'air ne prend aucune part à l'explosion, mais pour chaque double volume d'oxygène consommé ou pour chaque volume d'acide carbonique produit, il se trouve à peu près 8 volumes d'azote (et d'argon) mis en liberté. Par suite, un calcul très simple <sup>(2)</sup> montre

<sup>(1)</sup> Sous le nom d'*after-damp* non dilué, nous avons en vue la composition de l'atmosphère supposée privée de tout l'air qu'elle contient, celui-ci étant évalué d'après la quantité d'oxygène.

<sup>(2)</sup> L'air se compose de :

O . . . . .	20,95	
Az . . . . .	78,10	
Argon . . . . .	0,94	(Selon les analyses récemment publiées par Kellas).
CO <sup>2</sup> . . . . .	0,05	
	<u>100,00</u>	

Pour consommer la totalité de l'oxygène, il serait nécessaire d'ajouter, à chaque 100 vol. d'air,  $\frac{20,95}{2} = 10,465$  vol. de grisou ou méthane. Le mélange comprendrait 110,465 vol. et répondrait à la composition centésimale suivante :

O . . . . .	18,95	
Az . . . . .	70,71	} 71,53
Argon . . . . .	0,83	
CO <sup>2</sup> . . . . .	0,05	
CH <sup>4</sup> . . . . .	9,47	

Après l'explosion, l'*after-damp* chaud contiendrait :

Az . . . . .	70,71	} 71,53
Argon . . . . .	0,83	
CO <sup>2</sup> . . . . .	9,50	
H <sup>2</sup> O (vapeur) . . . . .	18,95	
	<u>100,00</u>	

Si nous laissons de côté la vapeur d'eau, qui se trouve immédiatement condensée, nous arrivons à la composition de l'*after-damp* indiquée ci-dessus.



qu'après condensation de la vapeur d'eau, l'*after-damp* non dilué sera composé de

Az . . . . .	87,23		88,28
Argon . . . . .	1,05		
CO <sup>2</sup> . . . . .	11,72		
			100,00

Dans les conditions que nous avons supposées, ce mélange sera dilué avec plus ou moins d'air. Comme la présence de 5 à 6 % de grisou est nécessaire pour rendre l'air inflammable, il n'y aura pas moins de 10 1/2 % d'oxygène ou 50 % d'air pur présents dans le mélange gazeux. D'autre part, si le mélange explosif contient 9.47 de grisou ou davantage, il ne restera pas d'oxygène sur le trajet de l'explosion.

L'*after-damp* non dilué d'une explosion avec excès d'air a un poids spécifique de 1.037. Cette densité diffère peu de celle de l'air. Tant que cet *after-damp* aura une température dépassant de 9° C. celle de l'air pur qui se trouve dans les galeries d'aérage et sera plus saturé que celui-ci de vapeur d'eau (laquelle est plus légère que l'air), il tendra à séjourner le long du toit. L'*after-damp* moins chaud, au contraire, demeurera le long du sol et constituera une couche semblable à celle que l'on observe habituellement dans le cas du *black-damp* <sup>(1)</sup>, lequel possède à peu près la même densité.

Dans la mine, les proportions du mélange de grisou et d'air diffèrent de place en place : en règle générale, il y aura plus de grisou vers le toit et moins vers le sol. En outre, le mélange contient plus ou moins d'acide carbonique. Tel serait le cas, par exemple, d'une explosion qui se produirait dans une galerie de retour d'air, par suite d'un dérangement de la ventilation, d'une soudaine dépression barométrique ou bien de toute autre circonstance. Cela étant, il ne sera pas sans intérêt de donner les résultats de quelques analyses de retours d'air dans plusieurs charbonnages d'Angleterre et d'Écosse.

(1) Ainsi qu'il est établi dans une note publiée récemment par M. W.-N. Atkinson et l'auteur, le *black-damp* (gaz noir) est non pas de l'acide carbonique, mais un mélange d'environ 87 % Az et 13 % CO<sup>2</sup>. Ce mélange semble être, en général, le résidu gazeux provenant de l'oxydation lente du charbon par l'air.

Dans cette note, le *black-damp* est défini simplement comme étant un gaz ou plutôt un mélange gazeux que l'on rencontre fréquemment dans les vieux travaux ou dans d'autres parties mal ventilées des mines, et dont la propriété la plus caractéristique consiste à rendre l'air impropre à la combustion lorsqu'il s'y trouve mélangé en quantité suffisante.

(Note du traducteur.)



COMPOSITION	Charbonnage de Podmore Hall Puits Minnie 19-12-1894	Charbonnage de Podmore Hall Puits n° 4 5-1-1894	Charbonnage de Talk O' th'Hill West Bullhurst 11-4-1895	Charbonnage de Great Fenton Retour d'air du Midi 10-4-1895	Charbonnage de Tylorstown Puits n° 6 25-2-1896	Charbonnage de Midlothian Burghlee et Ramsay 9-10-1895
O . . . . .	20,50	20,51	19,77	20,51	20,27	20,50
Az <sup>(1)</sup> . . . . .	78,405	78,755	78,45	78,56	77,655	79,22
CO <sup>2</sup> . . . . .	{ 0,20 * 0,19	{ 0,50 * 0,51	0,45	{ 0,27 * 0,50	{ 0,20 * 0,21	{ 0,27 * 0,29
Grisou . . . . .	1,10	0,65	1,55	{ 0,85 * 0,88	1,87	0,00
	100 —	100 —	100 —	100 —	100 —	100 —
Air { O . . . . . 20,30 Az . . . . . 76,80 CO <sup>2</sup> . . . . . 0,03	20,50 { 97,15 76,80 { 0,03 {	20,51 { 97,18 76,84 { 0,05 {	19,77 { 94,59 74,79 { 0,05 {	20,51 { 97,18 76,84 { 0,03 {	20,27 { 96,99 76,69 { 0,03 {	20,50 { 98,09 77,56 { 0,05 {
Black-damp { Az . . . . . 1,605 CO <sup>2</sup> . . . . . 0,165	{ 1,77 4,10	{ 1,895 0,275	{ 3,64 0,42	{ 1,72 0,25	{ 1,97 0,175	{ 1,44 0,25
Grisou . . . . .	1,10	0,65	1,55	0,85	1,87	0,00
	100 —	100 —	100 —	100 —	100 —	100 —
Composition <sup>(2)</sup> centésimale du black-damp. { Az CO <sup>2</sup>	{ 90,68 9,32	{ 87,52 12,68	{ 89,66 10,54	{ 87,51 12,69	{ 84,65 15,55	{ 84,29 15,71

\* Détermination en double.

<sup>(1)</sup> Il s'agit de l'azote plus l'argon, celui-ci n'ayant pas été dosé séparément.

<sup>(2)</sup> Nous avons ajouté cette rubrique afin de montrer combien se trouve vérifiée la composition indiquée par l'auteur. La moyenne des résultats donne, en effet, une teneur de 87,52 % Az et 12,68 % CO<sup>2</sup>.

L'auteur a publié depuis quelques autres analyses de retours d'air et a bien voulu nous les adresser, à l'effet de les annexer à la présente traduction. On trouvera ces analyses à la suite de l'*addendum*. La composition moyenne du *black-damp* est de 88,40 % CO<sup>2</sup> et 11,60 % Az., différant donc quelque peu de celle que l'auteur a indiquée. (Note du traducteur.)



Il ressort de ces analyses que si le retour d'air d'une mine devenait impur au point de contenir plus de 6 % de grisou et si une explosion survenait, l'*after-damp* serait mélangé avec 10 à 30 % de *black-damp*, lequel contient environ 87 % Az et 13 % CO<sup>2</sup>; donc celui-ci diffère fort peu de celui qui prend naissance dans le cas d'une explosion de grisou avec excès d'air.

Dans le cas de maints incendies souterrains, l'air vicié du retour principal, avant de devenir explosible, provoquera en général l'extinction des lampes (1) et s'il contient plus de 6 1/2 parties de *black-damp* pour 1 de grisou, il ne pourra devenir explosible.

Envisageons le cas d'une explosion avec excès de grisou, eu égard à la quantité d'oxygène disponible. De telles explosions sont certainement plus communes que celles de la première catégorie, étant donnée l'irrégularité avec laquelle sont répartis, dans la mine, l'oxygène et le grisou. Celui-ci, en effet, eu égard à sa faible densité, tend à s'accumuler vers le haut. D'autre part, il existe de grands espaces, tels que travaux abandonnés, etc., contenant de l'air mélangé à une proportion du *black-damp* et de grisou qui peut varier dans des limites très étendues, ainsi que le montrent les exemples suivants :

N<sup>o</sup> 1. — Échantillon de gaz provenant d'un trou de sonde foré dans la galerie d'aérage principale du Moss Pit, Harecastle, North Staffordshire. Par suite d'un incendie qui s'était produit dans un remblai, suivi de deux petites explosions de gaz et d'une explosion plus importante, propagée dans toute la mine par la poussière de charbon, la partie inférieure du puits avait été bouchée à l'effet d'arrêter la ventilation, et les travaux avaient été abandonnés pour quelques mois, afin de permettre à l'air chaud de se refroidir. Dès que fut foré le trou de sonde, le gaz se dégagait sous une pression considérable.

L'échantillon analysé nous fut adressé par M. l'Inspecteur des mines, M. W. V. Atkinson. En voici la composition centésimale :

CH <sup>4</sup> . . . . .	91.01
Az . . . . .	5.93
CO <sup>2</sup> . . . . .	3.06
CO . . . . .	0.00

Nous voyons donc quel peut être le résultat de la fermeture complète de travaux étendus, dans une mine incendiée. La petite quan-

(1) Le fait a été démontré par l'auteur dans la note rappelée ci-avant.



tité d'azote est due probablement à un peu de *black-damp* qui demeura dans la mine et n'avait pas encore été déplacé par l'accumulation rapide du grisou. L'acide carbonique semble être sorti du trou de sonde en même temps que le grisou, car un tiers seulement correspond à l'azote pour constituer le *black-damp*.

N° 2. — Gaz pris derrière un remblai dans le même charbonnage, après rétablissement partiel de la ventilation :

Air. . .	{	O	1.81	{	8.61
		Az	7.81		
<i>Black-damp</i>	{	Az	51.47	{	34.66
		CO <sup>2</sup>	3.19		
Grisou. .					56.73
					100.00

Ce gaz, additionné à l'air, constituerait presque aussi rapidement que le grisou pur un mélange inflammable. Le *black-damp* provient de ce que l'échantillon a été recueilli derrière un remblai.

Nous examinâmes le gaz avec grand soin, pour constater si le grisou était constitué de méthane absolument pur. Nous pensons qu'il en était ainsi, car lors de deux déterminations successives, la contraction à l'explosion fut exactement égale au double du volume de l'acide carbonique formé.

N° 3. — Gaz provenant d'un tuyau placé derrière un remblai, au siège n° 4 du charbonnage Podmore Hall, remblai placé devant de vieux travaux. Une petite quantité de gaz se dégagait constamment de ce remblai dans une voie de retour d'air. L'air qui avait passé des galeries d'aérage aux vieux travaux, ayant son oxygène transformé en acide carbonique et vapeur d'eau, en sortait sous forme de *black-damp*. Voici sa composition :

<i>Black-damp</i>	{	Az	78.06	{	89.09
		CO <sup>2</sup>	11.03		
Air. . .	{	O	0.72	{	3.44
		Az	2.72		
Grisou. .					7.47
					100.00

Dilué avec l'atmosphère du retour d'air dans les proportions les plus favorables, ce gaz, quoique apte à produire une auréole, ne pourrait devenir inflammable.



N° 4. — Gaz provenant d'une galerie abandonnée.  
Charbonnage de Talk o' th' Hill, 11 avril 1895 :

Air. . .	{	O	41.95	}	57.08
		Az	45.13		
		CO <sup>2</sup>	0.02		
<i>Black-damp</i>	{	Az	35.29	}	38.40
		CO <sup>2</sup>	3.11		
Grisou. .					4.52
					100.00

A l'entrée dans la galerie, ce gaz éteignit la lampe sans avoir produit d'auréole appréciable. Il avait donc la propriété caractéristique du *black-damp*, tout en étant plus léger que l'air : la lampe s'éteignait en effet lorsqu'on l'approchait du toit. A l'endroit où fut recueilli l'échantillon (en se servant d'une lampe électrique), une lampe de Clowes à l'hydrogène fut même éteinte, après que la flamme du gaz eut montré une auréole très marquée : 3 %.

N° 5. — Gaz provenant d'un passage communiquant avec de vieux travaux. Puits Burghlee, Loanhead, Midlothian, 11 octobre 1895 :

Air. . .	{	O	13.75	}	65.79
		Az	52.02		
		CO <sup>2</sup>	0.02		
<i>Black-damp</i>	{	Az	29.73	}	34.21
		CO <sup>2</sup>	4.40		
Grisou. .					0.00
					100.00

Le fait que le grisou tend à s'accumuler vers les régions supérieures est familier à tous les mineurs. Il existe parfois une fine couche de grisou ou d'air grisouteux qui se prolonge à des distances considérables tout le long du toit d'une galerie et qui peut être excessivement difficile à déplacer. En voici un intéressant exemple :

On perceait une voie légèrement montante et le gaz s'échappait bruyamment, quoiqu'il n'y eût pas de soufflard. Pour combattre le grisou, on envoyait de l'air en quantité abondante, à l'aide d'un large tuyau de ventilation partant de la galerie d'aérage pour aboutir au niveau de la tête des ouvriers. La lampe que nous avons en main ne montrait aucune trace d'auréole et étant donnée la direction du



courant d'air, nous pensions qu'il ne pouvait y avoir de grisou, vers le toit, en qualité appréciable. Aussi notre étonnement fut-il extrême lorsque le Directeur, qui nous accompagnait, ayant élevé lentement sa lampe pour voir s'il y avait du gaz, nous la vîmes soudainement et sans aucune auréole préalable s'emplir d'abord de flammes et s'éteindre ensuite. Un échantillon, recueilli à l'aide d'un tuyau placé dans la houille vers le même endroit, fut décomposé comme suit :

Grisou . . . . .	85.85
Az . . . . .	9.93
CO <sup>2</sup> . . . . .	4.07
O . . . . .	0.15
	100.00

Ce gaz présente bien les caractères de celui que l'on qualifie communément de *sharp, quick* <sup>(1)</sup>. Cette expression signifie que la ligne de démarcation entre l'air pur et le grisou est très accentuée. Cette ligne pourra être, si les circonstances sont favorables, beaucoup plus tranchée que celle qui sépare l'air pur du *black-damp*, car la différence de densité entre le grisou pur et l'air (80 % à peu près) est de beaucoup supérieure à celle qui existe entre l'air et le *black-damp* (4.5 % environ). Bien souvent, la limite est si nettement marquée qu'elle ne comporte qu'une couche explosible excessivement mince, le gaz situé au-dessus ne pouvant l'être comme contenant plus de 10 à 12 % de grisou. Cette portion supérieure brûlera tranquillement lorsqu'elle se trouvera en contact avec la couche d'air pur située au-dessous.

Ce qui précède montre à l'évidence que dans beaucoup d'explosions de grisou, il doit y avoir, en certains endroits, une quantité insuffisante d'oxygène pour obtenir la combustion complète. Les réactions chimiques sont alors complexes et, dans l'état actuel de la science, il n'est guère possible d'indiquer avec quelque précision en quelles quantités pourront être engendrés les produits de l'explosion. L'*after damp*, au lieu d'être composé d'acide carbonique, con-

---

<sup>(1)</sup> Littéralement : tranchant, vif. On l'appelle également *silver gas* (gaz d'argent). Les dénominations françaises ne sont pas usitées.

L'existence d'un tel gaz, particulièrement dangereux, mise en lumière par des expériences de Sir Frederick Abel et admise par M. Haton de la Goupillière (*Cours d'exploitation des mines*, t. II, p. 357, 1<sup>re</sup> édition) est formellement contestée par MM. Mallard et Le Chatelier (*Annales des Mines*, 8<sup>e</sup> série, t. I, p. 72).

(Note du traducteur).



tiendra des proportions variables d'acide carbonique, d'oxyde de carbone, vapeur d'eau, d'hydrogène probablement, plus 80 % environ d'azote et du grisou s'il en reste. La proportion d'acide carbonique sera inférieure à 12 %. Ce qui nous intéresse le plus, c'est la quantité d'oxyde de carbone qui pourra exister.

Nous pensons que cette quantité ne peut, dans aucun cas, être bien considérable et c'est ce que nous allons démontrer : on sait que, dans les expériences de laboratoire, il n'est plus possible de provoquer l'explosion d'un mélange d'air et de grisou à partir de certaines proportions de ce gaz. Le maximum est de 11 à 13 % pour le méthane, d'après les récentes expériences du professeur Clowes. D'autre part, nous avons constaté qu'un mélange contenant 11.1 % de grisou naturel, dans la composition duquel entrait 88.18 % de méthane pur, ne pouvait être enflammé par l'étincelle ordinaire d'une machine d'induction; tandis qu'avec 10 % se produisait une violente explosion. Dans ce cas, l'*after-damp* contenait 9.34 % d'acide carbonique et la quantité calculée d'oxyde de carbone était de 2.7 %. Nous en concluons que s'il se produit une explosion en présence d'un excès de grisou et sans poussière de houille, il ne se formera en aucun point de la mine un *after-damp* contenant plus de 3 à 4 % d'oxyde de carbone. Il serait très intéressant, toutefois, de procéder à des expériences nouvelles à ce sujet, et dans les conditions mêmes de la réalité.

Le cas qui présente le plus d'importance est celui des explosions dues à la *poussière de houille*. Nous pensons que, lors de toutes les grandes catastrophes, c'est elle qui a propagé l'élément meurtrier. Quant à l'origine même de l'explosion, elle peut remonter à l'inflammation d'une quantité restreinte de grisou <sup>(1)</sup>. Étant donné que l'explosion parcourt généralement les galeries d'entrée d'air, qui contiennent fort peu de grisou, on peut considérer l'*after-damp* comme provenant de la poussière de houille et de l'air, à l'exclusion du grisou.

Les conditions physiques et chimiques suivant lesquelles se propage une explosion dans les galeries d'une mine n'ont pu aucunement être établies jusqu'à présent. Il semble probable, toutefois, que la

---

(1) D'après le rapport officiel de M. l'inspecteur Robson, l'explosion de Tylorstown fut vraisemblablement engendrée par une mine dont la flamme alluma une petite quantité de grisou qui se trouvait vers le haut de la taille, d'où s'ensuivit l'inflammation de la poussière.



combustion complète des particules de poussière de houille ne se produit pas et que c'est le gaz provenant de leur distillation qui constitue le combustible. Lorsqu'est survenue une explosion, il arrive fréquemment que l'on retrouve sur les cadavres et les boissages de la poussière de houille agglutinée ou partiellement cokéfiée qui s'est incrustée. Ces particules de poussière ont évidemment dégagé, par distillation sèche, une partie du gaz qu'elles contenaient et c'est ce gaz qui nourrit la flamme. L'absorption de chaleur qui se produit au cours de l'échauffement et de la distillation sèche protège chaque particule de la combustion complète, car il ne reste plus d'oxygène disponible au moment où se trouve atteinte la température nécessaire.

Quant aux produits de la combustion, ils ne peuvent, étant donné le manque de résultats expérimentaux suffisamment rigoureux, être considérés comme déterminés. Le gaz provenant de la poussière de houille ressemble au gaz d'éclairage non purifié; la plus grande partie en est consommée, mais parfois il en reste un excès libre qui se mélangera à l'*after-damp*. Le gaz d'éclairage ordinaire non purifié est un mélange variable, composé principalement d'hydrogène et de méthane, plus 5 % d'oxyde de carbone, 5 % d'hydrocarbures plus élevés que le méthane, à peu près 2 % d'acide sulfureux ou de sulfure d'ammonium et un peu d'acide carbonique et d'azote. Les premières portions de gaz qui viennent de la distillation, se composent surtout de méthane et c'est probablement un gaz analogue qui brûle lors d'une explosion.

Si la quantité d'air est suffisante pour obtenir la combustion complète, l'*after-damp* non dilué contiendra à peu près 87 % Az, 12 % CO<sup>2</sup> et 2 % SO<sup>2</sup>. Dilué même avec la moitié de son volume d'air, il renfermera encore assez d'acide sulfureux pour pouvoir être toxique <sup>(1)</sup>, les autres éléments ne présentant pas un danger considérable. Si nous supposons la quantité d'air insuffisante, ce qui, à coup sûr, se présente plus ou moins fréquemment dans le cas d'une explosion de poussière, l'*after-damp* contiendra 80 à 85 % Az, ainsi qu'un mélange de CO<sup>2</sup>, CO et H, des traces de SO<sup>2</sup> ou H<sup>2</sup>S et d'autres produits en quantité fort restreinte.

A Tylorstown, il a été démontré, d'abord par l'examen des victimes

---

(1) L'auteur a constaté, en brûlant dans un laboratoire du gaz d'éclairage non purifié, que les produits de la combustion, même fortement dilués, produisaient une forte irritation des yeux et des voies respiratoires.



et ensuite par les troubles survenus aux sauveteurs, que, parmi les gaz et vapeurs toxiques constituant l'*after-damp*, c'est l'oxyde de carbone dont l'action fut prépondérante; nous en concluons que l'oxygène faisait défaut sur tout le trajet de l'explosion ou tout au moins sur la plus grande partie.

La présence de l'oxyde de carbone dans l'*after-damp* se manifesta dans bien des explosions antérieures; lors de toutes les grandes catastrophes, elle fut constatée par ceux-là mêmes qui s'étaient trouvés au sein de l'*after-damp*: à Durham, MM. Atkinson rapportent <sup>(1)</sup> qu'ils virent des sauveteurs tomber, tandis que leurs lampes continuaient à brûler parfaitement sans indiquer en rien la présence d'aucun gaz. Ils rapportent également qu'à côté de plusieurs des victimes on trouva des lampes complètement épuisées, ayant donc brûlé jusqu'au bout. Ils en concluent à la présence de l'oxyde de carbone.

D'après une analyse de M. le professeur Bedson, 2,5 % CO furent trouvés dans un échantillon recueilli quelques jours après la catastrophe d'Usworth, derrière un remblai à côté duquel l'explosion avait allumé un incendie. Il n'est pas impossible toutefois, que celui-ci fût cause de la présence de ce gaz. Dans son rapport sur l'explosion du charbonnage de Hyde, près de Manchester, M. W. N. Atkinson considère également comme probable la présence de l'oxyde de carbone. M. Martin, dans son rapport sur l'explosion survenue en 1891 au charbonnage de Malago Vale (district de Bristol), cite le cas du porion Charles Poultney qui fut terrassé par l'*after-damp*, et que les sauveteurs trouvèrent inanimé et grièvement brûlé par sa lampe, qu'il tenait encore en main. Lors de l'explosion de Camerton (district de Radstock), M. le Directeur Brathwaite et son adjoint Moon perdirent connaissance par suite de l'*after-damp*, tandis que leurs lampes à feu nu n'étaient affectées en rien <sup>(2)</sup>. A la suite de l'explosion survenue en 1894 au charbonnage d'Albion, plusieurs sauveteurs nous rapportèrent qu'ils se sentirent faibles et à peine capables de se tenir debout, quoique la combustion des lampes se continuât normalement. Nombre de sauveteurs furent mis hors de combat et même tués par l'*after-damp*; un tel danger indique clairement combien est constante la présence de l'oxyde de carbone.

A l'effet d'apprécier l'influence directe de l'oxyde de carbone quant aux causes réelles de mort dans les explosions de mines, nous

---

<sup>(1)</sup> *Explosions in Coal Mines*, p. 112.

<sup>(2)</sup> Rapport de M. l'inspecteur Martin, p. 8.



nous sommes préoccupés de rechercher les rapports médicaux concernant ces catastrophes. Avouons qu'en général, on a fait bien peu de tentatives sérieuses en vue d'élucider cette question. A Elemore, toutefois, les victimes furent examinées avec grand soin, à la requête du coroner, par M. le docteur Adamson <sup>(1)</sup>. Il constata que la plupart avaient la peau et les tissus sous-cutanés colorés en rose et en attribua la cause à l'oxyde de carbone, mais sans procéder à un examen spectroscopique ou chimique du sang. La coloration rose des lèvres et l'apparence générale de vie que présentaient les victimes nous ont été maintes fois rapportées au cours des enquêtes faites auprès des directeurs de charbonnages et des ingénieurs ayant dirigé le sauvetage à la suite de catastrophes minières.

Comme il n'est pas douteux, à notre sentiment, que la cause immédiate de presque toutes les morts dues aux grandes explosions n'est autre que l'oxyde de carbone, nous allons tenter de déterminer, avec plus ou moins d'approximation, quelle en est la teneur dans l'*after-damp* non dilué.

Cette teneur sera moindre dans le cas d'une explosion de grisou que d'une explosion de gaz de houille, c'est-à-dire de gaz dégagé par la distillation sèche des poussières de houille. Le fait ressort des analyses de Smithells <sup>(2)</sup> relatives aux produits respectifs de la combustion du gaz de houille et du méthane en présence d'une quantité d'air suffisante pour rendre le mélange inflammable, mais insuffisante pour en opérer la complète combustion. D'après le résultat de ces analyses, la combustion du méthane préparé artificiellement ne produisit que 4,5 % CO dans l'*after-damp*, tandis que la proportion atteignit 10 % dans le cas du gaz de houille.

Il est certain qu'une explosion de gaz de houille en présence d'une quantité d'air fort restreinte ne pourrait se propager dans les travaux. La vitesse de la marche serait de beaucoup trop petite pour produire au sein de la poussière une agitation suffisante. La violence avec laquelle les explosions se produisent est telle qu'il faut admettre que la distillation de la houille engendre une proportion de gaz dépassant de fort peu celle qui correspond au résultat maximum. Cela étant, on doit s'attendre à trouver bien moins que 11 %, même moins de 5 % CO dans l'*after-damp* pur.

D'autres éléments peuvent être utilisés à ce sujet : une lampe ou

---

<sup>(1)</sup> *Transactions of the Northumberland and Durham Medical Society*, 1887.

<sup>(2)</sup> *Transactions, chemical Society*, vol. LXI, p. 211.



une chandelle ne brûle que si l'atmosphère contient au moins 17.3 % O; par suite, la présence d'environ 1/6 d'*after-damp* pur provoquerait l'extinction. Or, il se fait que l'on retrouve des lampes allumées à côté des morts et d'autre part, l'asphyxie suppose la présence d'une proportion minima de 0,3 % CO dans l'atmosphère. Il s'ensuit que la proportion qui correspond à l'*after-damp* non dilué ne pourra être inférieure à  $0,3 \times 6 = 1,8$  % CO. Il semble probable qu'il n'y en a pas beaucoup plus car sinon, les accidents surviendraient aux sauveteurs avec plus de fréquence et l'on retrouverait plus souvent les victimes à côté de leurs lampes allumées (1).

En résumé, nous pensons que la proportion d'oxyde de carbone présente dans l'*after-damp* non dilué peut être fixée, en moyenne, à 3 %. Il va sans dire qu'une foule de circonstances pourront modifier ce chiffre.

(A continuer.)

---

(1) Dans le *South Wales* même, où les explosions sont fréquentes, on semble ignorer en général qu'à la suite d'une catastrophe, l'*after-damp* peut être absolument toxique, quoique une lampe continue à y brûler sans faiblir.



## APPENDICE A. \*

### EXAMEN *post mortem* ET CAUSES DE LA MORT DES VICTIMES DE TYLORSTOWN.

Números d'ordre	DESCRIPTION	Cause de la mort <sup>(1)</sup>
1	Mécanicien. — Brûlures au corps et aux mains. Cheveux et barbe roussis.	E
2	Garçon d'écurie. — Le derrière de la tête, ainsi que le côté droit de la face sont couverts de poussière de houille et légèrement brûlés. Lèvres et ongles bleus (non roses). Blessure étendue au cuir chevelu et fracture probable du crâne. Colonne vertébrale disloquée. Cet homme fut retrouvé dans l'écurie, au milieu de chevaux vivants et à côté d'un camarade qui réchappa. Il est probable que les blessures furent produites par la projection violente contre les boisages de l'écurie et par les coups de pied des chevaux.	V
3	Mineur. — Corps pâle. Lèvres, langue et ongles roses. Ni brûlures ni blessures.	E
4	Garçon d'écurie. — Ni brûlures ni blessures. Peau pâle. Lèvres, langue et ongles roses.	E
5	Mineur. — Ni brûlures ni blessures. Ongles roses. Lèvres, etc., rose pâle.	E
6	Mineur. — Ni brûlures ni blessures. Peau pâle. Lèvres, langue et ongles rose pâle.	E
7	Mineur. — Ni brûlures ni blessures. Peau pâle. Lèvres rose pâle ; langue et ongles roses.	E
8	Mineur. — Ni brûlures ni blessures. Quelques taches roses sur la poitrine. Lèvres rouge carmin, Ongles roses.	E
9	Mancœuvre. — Ni brûlures ni blessures. Coloration rose vif de la poitrine et du cou. Lèvres roses.	E
10	Mineur. — Ni brûlures ni blessures. Peau pâle. Lèvres, langue et ongles rose pâle.	E
11	Mancœuvre. — Ni brûlures ni blessures. Langue et lèvres roses.	E

\* Le présent appendice, qui doit prendre place après la seconde partie du mémoire, a été intercalé après la première, où il se trouve cité à maintes reprises.

(1) E signifie : empoisonnement par l'oxyde de carbone et V, mort par violence.



Numéros d'ordre	DESCRIPTION	Cause de la mort
12	Mineur. — Ni brûlures ni blessures. Peau pâle. Lèvres et langue roses. L'hémoglobine du sang provenant de la jugulaire externe gauche fut trouvée saturée d'oxyde de carbone à 79 %.	E
13	Mineur. — Ni brûlures ni blessures. Peau pâle. Lèvres, langue et ongles roses.	E
14	Manœuvre. — Ni brûlures ni blessures. Lèvres, langue et ongles roses.	E
15	Mineur. — Corps couvert d'une couche de poussière de houille adhérente, et brûlé superficiellement. Mâchoire inférieure fracassée. Lèvres rouge clair.	E
16	Mineur. — Corps couvert d'une couche de poussière de houille adhérente. Langue et lèvres de même. Lèvres rouges (au-dessous de la poussière).	E
17	Boute-feu. — Signes de brûlures superficielles à la face, les avant-bras et les mains. Couche superficielle de l'épiderme de la main détachée. Au-dessous apparaissait très distinctement la couleur rouge carmin.	E
18	Garçon d'écurie. — Cheveux roussis. Blessure au cuir chevelu. Lèvres et ongles roses.	E
19	Rouleur. — Ni brûlures ni blessures. Face et cou fort congestionnés. Lèvres bleu rougeâtre. Langue pendante et bleuâtre. Réseau de veines bleu rougeâtre distendues proéminent vers le haut de la poitrine.	E et manque d'oxygène.
20	Manœuvre. — Fracture des deux humérus. Luxation de la hanche droite. Sang s'échappant de l'oreille; d'où, probablement, fracture de la base du crâne. Cheveux et sourcils roussis. Ongles, etc., bleus (non roses).	V
21	Garçon d'écurie. — Ni brûlures ni blessures. Cyanose marquée de la face et de la poitrine. Face rouge foncé. Ongles rose bleuâtre. Réseau de veines bleu rougeâtre vers le haut de la poitrine. (Le n° 21 fut retrouvé dans la même écurie que le n° 19 et présentait les mêmes caractères; on peut les attribuer soit à un degré d'oxyde de carbone plus élevé que dans les autres parties de la mine ou bien à l'asphyxie par manque d'oxygène en même temps que l'intoxication par l'oxyde de carbone.)	E et manque d'oxygène.
22	Garçon d'écurie. — Face et mains quelque peu brûlées. Pas de blessures. Face complètement rose.	E
23	Mineur. — Brûlure légère de la face, des cheveux et de la barbe. Lèvres rose pâle.	E



Numéros d'ordre	DESCRIPTION	Cause de la mort
24	Mineur. — Ni brûlures ni blessures. Face rouge. Ongles roses.	E
25	Manœuvre. — Cerveau et cavité abdominale mis à nu. Jambes et bras écrasés. Corps brûlé et vêtements arrachés.	E
26	Maître rouleur. — Face et mains brûlées superficiellement. Face très rose. Coloration rose également très marquée sur l'épiderme détaché du devant des doigts.	E
27	Boute-feu. — Cheveux roussis. Brûlures superficielles à la face, de teinte rouge brique. Épiderme des mains détaché et coloration rouge clair visible sous l'épiderme du devant des doigts.	E
28	Mineur. — Brûlures superficielles à la face, aux mains, à la poitrine et au dos. Lèvres roses à l'intérieur. Coloration rose du devant des doigts, où l'épiderme est enlevé.	E
29	Rouleur. — Peau brûlée superficiellement aux parties exposées. Coloration rouge visible sous l'épiderme enlevé. Pas de blessures.	E
30	Mineur. — Mains et face brûlées superficiellement. Cheveux et barbe roussis. Lèvres roses, à l'exception d'une ecchymose de couleur bleue. Sang s'échappant de l'oreille; d'où probablement, fracture de la base du crâne.	E
31	Mineur. — Cheveux roussis. Épiderme des mains détaché. Lèvres roses. Coloration rouge vif de la poitrine. Sous l'épiderme du devant de la main, couleur rouge camin.	E
32	Mineur. — Brûlures superficielles à la face, aux avant-bras et aux mains. Cheveux et sourcils roussis. Coloration rouge carmin des lèvres, ainsi que sous l'épiderme du devant des doigts.	E
33	Manœuvre. — Face rose. Lèvres pâles. Langue serrée entre les dents. Ongles roses. Ni brûlures ni blessures.	E
34	Manœuvre. — Ni brûlures ni blessures. Lèvres et ongles rose pâle.	E
35	Mineur. — Ni brûlures ni blessures. Peau rose vif. Face ayant l'apparence de la vie. Lèvres roses.	E
36	Rouleur. — Brûlures superficielles tout le long des jambes. Pas de blessures.	E?
37	Ajusteur. — Brûlures superficielles sur le corps près des jambes.	E?
38	Rouleur. — Peau pâle. Coloration rose apparente presque partout. Le sang semblait saturé partiellement d'oxyde de carbone, lequel avait probablement été éliminé par l'action de l'air frais avant la mort.	E



Numéros d'ordre	DESCRIPTION	Cause de la mort
39	Maître rouleur. — Face couverte de poussière de houille agglutinée. Épiderme enlevé partiellement. Certaines places avaient la couleur de la cire à cacheter rouge. Lèvres rouge pâle. Langue serrée entre les dents.	E
40	Rouleur. — Brûlures superficielles aux mains et à la face. Cheveux roussis. Face rouge vermillon. Lèvres roses.	E
41	Manœuvre. — Mains, face, corps et jambes brûlés superficiellement. Cheveux roussis. Face de couleur rouge carmin.	E
42	Manœuvre. — Brûlures très étendues sur le côté droit de la poitrine, de la face et des mains. Cheveux et sourcils roussis. Nulle coloration rose ou rouge, L'oxyde de carbone ne put être retrouvé dans un échantillon de sang provenant de la jugulaire externe. Est mort probablement dans l'air pur, après élimination de l'oxyde de carbone du sang.	E
43	Mineur. — Face et corps couverts de poussière de houille agglutinée. Méconnaissable. Fut retrouvé sans vêtements et avec une seule bottine. Luxation de l'épaule gauche. Lèvres rose pâle (sous la couche de poussière).	E
44	Rouleur. — Nombreuses brûlures superficielles. Intérieur de la bouche tapissé de poussière de houille. Cheveux et moustache roussis. Sur l'épaule apparaissait une veine de coloration rouge. Face rouge carmin. Lèvres et langue rose vif (sous la poussière). Ongles roses. L'hémoglobine du sang provenant de la jugulaire externe fut trouvée saturée à 79 %. Pas de blessures.	E
45	Manœuvre. — Brûlures nombreuses sur tout le corps et les mains. Cheveux roussis. Sous l'épiderme détaché de la face palmaire des doigts, coloration rouge carmin.	E
46	Mineur. — Brûlures superficielles aux parties exposées. Cheveux roussis. Épiderme des mains soulevé et après enlèvement, coloration rouge carmin de la face palmaire des doigts. Face rouge vif. Lèvres roses.	E
47	Conducteur. — La partie supérieure du crâne et le cerveau étaient presque entièrement enlevés. Brûlure à la face et aux mains. Fracture des deux bras.	E
48	Garçon d'écurie.—Brûlures légères nombreuses aux parties exposées. Taches roses sur le corps. Lèvres et langue roses.	E
49	Rouleur. — Cheveux roussis. Face brûlée superficiellement. Taches rouges, teinte de la cire à cacheter. Pas de blessures.	E
50	Rouleur. — Crâne fracturé. Brûlures nombreuses aux parties exposées. Cheveux roussis, lèvres rouges.	E
51	Mineur. — Brûlures aux parties exposées. Cheveux et sourcils roussis. Lèvres roses à l'intérieur; même coloration sous l'épiderme du devant des mains.	E



Numéros d'ordre	DESCRIPTION	Cause de la mort
52	Mineur.— Face, mains et bras brûlés grièvement. Épiderme couvert de poussière de houille. En détachant l'épiderme, apparaissait sur la face palmaire des doigts une coloration rouge-carmin.	E
53	Boute-feu. — Brûlures superficielles aux parties exposées. Lèvres roses à l'intérieur; même coloration sous l'épiderme de la face palmaire des doigts.	E
54	Mineur. — Fracture du crâne. Brûlures aux parties exposées. Intérieur de la bouche tapissé de poussière de houille. Blessures aux doigts Lèvres rouges (sous la poussière).	E
55	Boute-feu. — Couvert de poussière agglutinée. Brûlures nombreuses. Intérieur de la bouche rouge clair (sous la poussière).	E
56	Boute-feu. — Blessures graves et nombreuses. La tête presque séparée du cou. Poitrine couverte de poussière agglutinée. Fracture de la jambe droite. Jambe gauche arrachée au-dessous du genou. Épaule droite de même, ainsi que la moitié du bras gauche. Pas de coloration rouge.	V
57	Boute-feu. — Fracture du cou. Blessure grave sur le nez. Cheveux, poitrine et bras brûlés. Lèvres rose clair. Même coloration sous l'épiderme des mains. Cette victime fut retrouvée sous un éboulement; les fractures du cou, etc., survinrent certainement après la mort.	E

*Remarques.* Les numéros d'ordre ci-dessus correspondent à ceux qui sont indiqués sur le plan annexé au rapport de M. Robson. Les noms sont omis à dessein. A l'exception des nos 1, 4, 6, 7, 10, 11, 14, 26, 56, 57, 47, 48, qui avaient été examinés par le Dr Morris avant l'arrivée de l'auteur, les cadavres furent examinés par tous deux. Dans les deux ou trois cas où ne fut pas notée la couleur du sang, c'est la cause probable de la mort qui se trouve indiquée.

Les nos 5, 11, 12, 13 et 14 furent retrouvés ensemble, à côté de deux lampes allumées; de même les nos 5, 6, 7, 8, 9 et 10 à côté d'une lampe.

Les nos 55, 54, 53 et 58 furent retrouvés ensemble environ dix heures après l'explosion, en compagnie d'un ouvrier encore vivant et qui même se rétablit dans la suite.

*Chevaux.* — Voici les caractères observés sur deux des chevaux examinés. La plupart des autres en diffèrent fort peu.

N° 6. Retrouvé dans l'écurie située à l'ouest du puits n° 8, Pas de brûlures. Plusieurs blessures légères. Queue légèrement brûlée. Muscles et tissu sous-cutané rouge-carmin clair. Estomac et intestins roses ou rouge-carmin là où le sang était visible. Foie rose clair. Rate très foncée. Poumons marbrés de noir et de couleur rouge-carmin clair, non congestionnés d'une manière anormale. Pas d'exsudation



de liquide à la coupe. Trachée-artère rouge-carmin à la face interne ; contenant un peu de poussière de houille, mais nullement souillée. Sang de couleur rouge-cerise foncé : les échantillons provenaient des ventricules droit et gauche, ainsi que de la rate. Cause de la mort : empoisonnement par l'oxyde de carbone.

N° 10. Retrouvé dans l'écurie située à l'est du puits n° 8. Brûlures nombreuses. Muscles et tissu sous-cutané rouge-carmin clair. Intestins roses, avec des veines rose-bleuâtre. Foie rose. Rate rose vers l'intérieur et noire vers la périphérie, contenant peu de sang. Poumons marbrés de rouge-carmin et de noir, non congestionnés. Bronches absolument libres de liquide et de poussière. Cause de la mort : empoisonnement par l'oxyde de carbone.

#### Analyse du sang des hommes et des chevaux.

La méthode que nous avons employée pour l'examen des échantillons de sang recueillis est une modification légère de celle que nous avons décrite récemment <sup>(1)</sup> : tout d'abord, on prépare une solution de carmin à environ 1 %. Cette solution est telle qu'en l'additionnant dans une certaine proportion à une solution au  $\frac{1}{100}$  de sang humain normal (environ deux et demi de carmin pour deux de sang), elle donne exactement la même teinte rose que celle d'une solution de sang humain au  $\frac{1}{100}$  saturée d'oxyde de carbone ou de gaz d'éclairage.

Le sang à examiner est ensuite dilué dans de l'eau jusqu'à ce que sa force de coloration — non pas la teinte — soit égale à celle d'une solution de sang au  $\frac{1}{100}$  2 c. c. ensuite de la solution sont versés, à l'aide d'une burette, dans un tube à réaction de petit diamètre. On prend alors un tube de mêmes dimensions, que l'on remplit partiellement avec la solution de sang saturé ; puis au moyen d'une burette, on verse dans le premier tube, de la solution de carmin, jusqu'à ce que les teintes soient absolument les mêmes. Il est évident que le degré de saturation de l'hémoglobine du sang à examiner sera d'autant plus élevé qu'il faudra ajouter de la solution de carmin en quantité moindre. Quant à la manière de calculer exactement ce degré de saturation, nous nous en référons à la note ci-dessus rappelée.

Avec un peu de pratique, cet essai est des plus simples et en cas de doute, on peut le reproduire aussi souvent qu'on le jugera utile.

En examinant le sang provenant des victimes de Tylorstown, nous pûmes constater qu'il avait, dans une faible mesure, perdu la propriété de prendre une autre teinte lorsqu'il se trouvait saturé d'oxyde de carbone, c'est-à-dire que la coloration restait un peu plus jaunâtre que celle d'une solution saturée analogue de sang normal d'homme ou de cheval. Évidemment, l'hémoglobine avait subi une légère décomposition : la teinte jaunâtre était due à la substance nouvelle qui avait pris naissance. Ce phénomène peut être attribué à la putréfaction ou bien à l'acide sulfureux que renfermait l'*after-damp*. Pour élucider la question, nous reproduisîmes les mêmes essais quelques jours plus tard, lorsque la putréfaction

(1) *Journal of Physiology*, vol, XVIII, p. 43.



avait augmenté. Les résultats furent exactement les mêmes; par suite, le rôle de la putréfaction doit être écarté.

Étant donné que l'étalon sur lequel nous nous basons est la solution au  $\frac{1}{100}$  de sang humain normal saturée d'oxyde de carbone ou bien la solution en sang à examiner de la même force de coloration et saturée de ce gaz, on conçoit que les résultats obtenus puissent différer quelque peu. Dans le tableau ci-dessous, ceux que nous avons déterminés en nous basant sur le second de ces étalons sont placés dans la colonne de droite, à côté des autres.

DEGRÉ DE SATURATION DE L'HÉMOGLOBINE PAR L'OXYDE DE CARBONE

	JUGULAIRE		COEUR				RATE	
	EXTERNE		DROIT		GAUCHE			
Homme n° 12 . . . . .	79	86	—	—	—	—	—	—
» n° 44. . . . .	79	86	—	—	—	—	—	—
» n° 52. . . . .	0	0	—	—	—	—	—	—
Cheval n° 1 . . . . .	20,5	26	—	—	—	—	—	—
Mulet n° 1 . . . . .	59	68	—	—	—	—	—	—
Cheval n° 2 . . . . .	—	—	0	0	—	—	—	—
» n° 3 . . . . .	—	—	77	84	77	84	—	—
» n° 6 . . . . .	—	—	62	75	62	75	59	68
» n° 7 . . . . .	—	—	—	—	—	—	45	—

Les caractères des organes internes des chevaux nos 3, 6 et 7 différaient fort peu, Chez le cheval n° 2 (voir p. 128), on ne constatait aucune coloration rose.